

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
2016/2017 Academic Session

December 2016 / January 2017

## **EEK 361/3 – POWER ELECTRONICS [ELEKTRONIK KUASA]**

Duration : 3 hours  
[Masa : 3 jam]

---

Please check that this examination paper consists of **NINE (9)** pages of printed material before you begin the examination. English version from page **TWO (2)** to page **FIVE (5)** and Malay version from page **SIX (6)** to page **NINE (9)**.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini. Versi Bahasa Inggeris daripada muka surat **DUA (2)** sehingga muka surat **LIMA (5)** dan versi Bahasa Melayu daripada muka surat **ENAM (6)** sehingga muka surat **SEMBILAN (9)**.]*

**Instructions:** This question paper consists of **SIX (6)** questions. Answer **FIVE (5)** questions. All questions carry the same marks.

**[Arahan:** Kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama]

Answer to any question must start on a new page.

*[Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baharu].*

**“In the event of any discrepancies, the English version shall be used”.**

***[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai].***

**ENGLISH VERSION :-**

1. (a) Power diodes are available in different sizes and ratings. List three main types of power diodes and their characteristics?  
(30 marks)
- (b) Explain why it is necessary to use fast recovery diode for high speed switching?  
(20 marks)
- (c) Diodes are connected in parallel to increase their current rating. What is the common problem of power diodes connected in parallel and how to solve this problem?  
(20 marks)
- (d) Two diodes having characteristics as shown in Figure 1(d) below are connected in parallel and total input current,  $I$  is 100 A. If diode 1 conducts 55 A and diode 2 conducts for 45 A, determine;
  - (i) Forward voltage drop of each diode?
  - (ii) The value of resistance  $R$  in the circuit (both diode use similar  $R$  value)?
  - (iii) Power loss in each resistor?

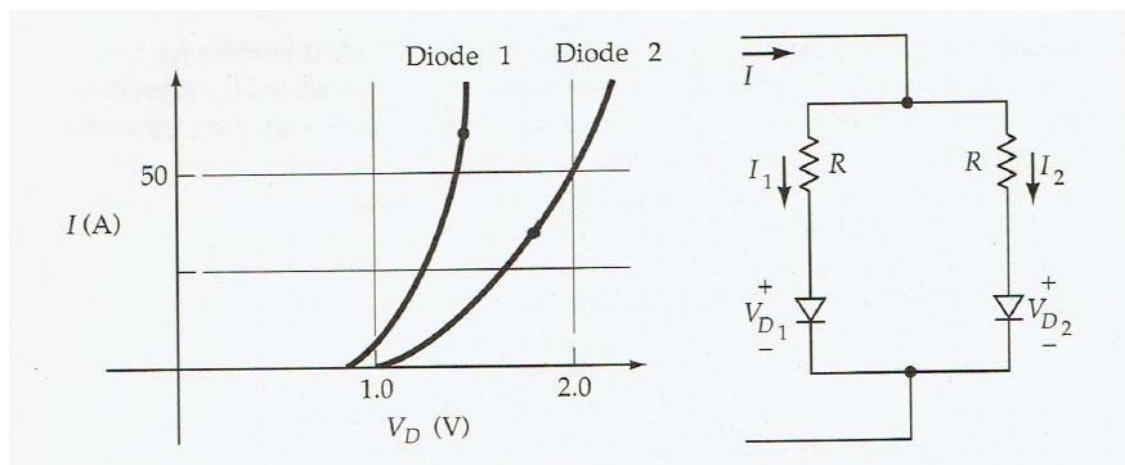


Figure 1(d) : Power diode connecting in parallel.

(30 marks)

2. (a) Thyristor is known as a latching device, what is a latching device? (15 marks)
  - (b) A thyristor need to be protected from high transient over voltage (dv/dt). Explain why and sketch a schematic how a thyristor can be protected from high dv/dt problem. (30 marks)
  - (c) TRIAC is special type of thyristor. Draw the IV curve and describe the advantages and disadvantages of TRIAC compare to normal thyristor? (30 marks)
  - (d) The firing circuit to triggered thyristor ON is usually supply in square waveform shape. Discuss what would happen if this square waveform pulsed is replaced by a direct source dc? (25 marks)
3. (a) For power switching application, BJT operate in saturation and cut off region. Discuss why? (20 marks)
  - (b) In the Figure 3(b) below, the transistor is turned on and off at a frequency of 20 kHz. Collector current rise time is  $0.7\mu\text{s}$  and fall time is  $0.9\mu\text{s}$ .  $V_{cc} = 400\text{ V}$  and  $R = 20\ \Omega$ . Find;
    - (i) Rise time energy loss?
    - (ii) Fall time energy loss?
    - (iii) Switching loss power?

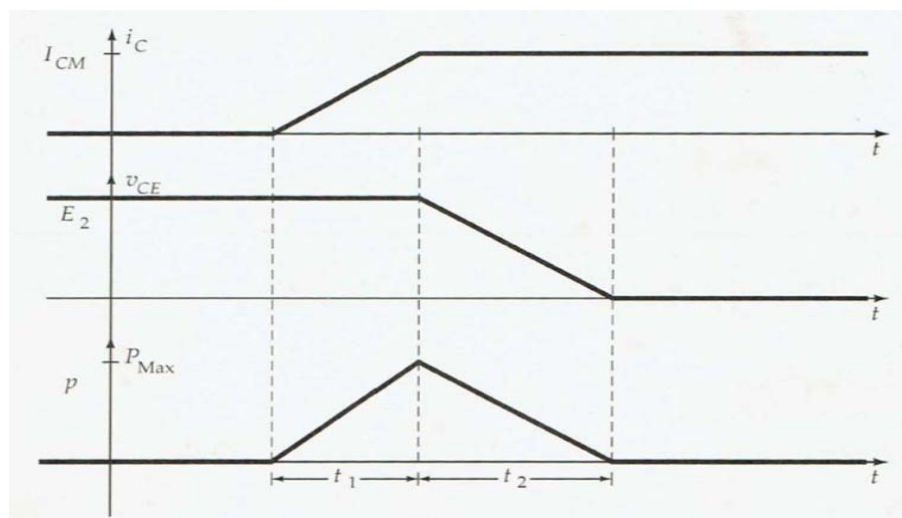


Figure 3(b) - The time delay switching waveform of power transistor.

(30 marks)

- (c) The forward biased safe operating area (FBSOA) of a BJT ensure it operates successfully. Draw FBSOA of a BJT and describe two parameters that influence FBSOA?  
(30 marks)
- (d) List the improvements brought by Power MOSFET and IGBT in comparison to BJT for switching application?  
(20 marks)
4. (a) List two performance parameters of a rectifier circuit. Give the definition of the parameters.  
(20 marks)
- (b) A single-phase full-wave controlled rectifier is connected to a source  $V_s = 240$  V and a resistive load  $R = 50 \Omega$ .
- Draw the schematic diagram of the rectifier circuit.
  - Draw the waveforms of the input & output voltage and the input & output current.
  - Derive an equation for the average output voltage in terms of the firing angle,  $\alpha$ .
  - Derive an equation for the rms output voltage in terms of the firing angle,  $\alpha$ .
  - If the circuit is required to supply  $P_{dc} = 600$  W, calculate the required firing angle of the thyristor.
- (60 marks)
- (c) Explain two main considerations in the selection of diode when designing an uncontrolled rectifier circuit.  
(20 marks)
5. (a) Figure 5(a) shows a type of DC-DC converter circuit. Referring to this figure, answer the following questions:
- What is the type of this DC-DC converter?
  - Show that the average output voltage,  $V_a = kV_s$ , where  $k$  is the duty cycle.

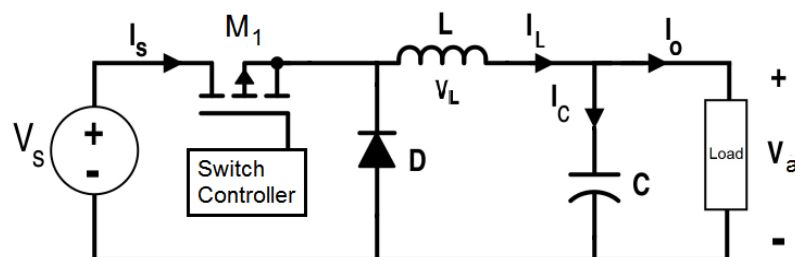


Figure 5(a)

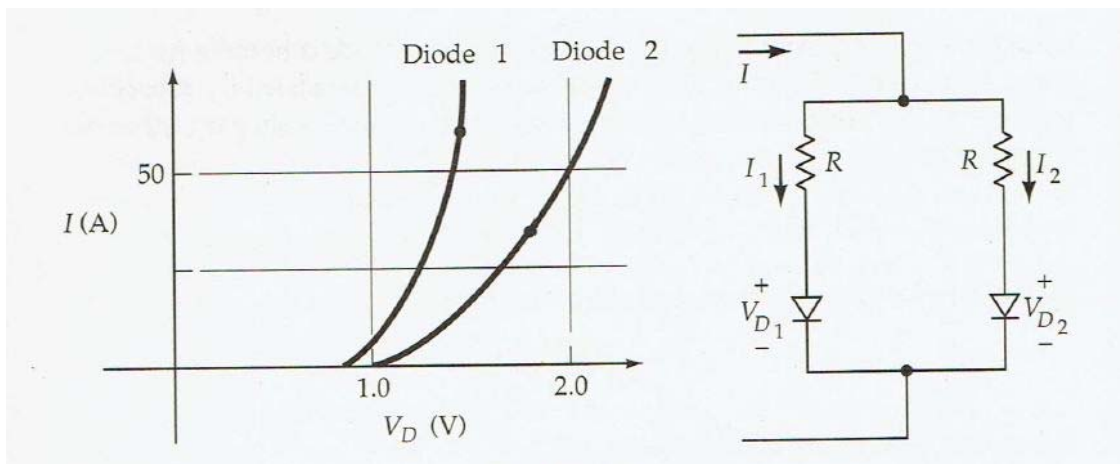
(40 marks)

- (b) What are the factors to be considered in the selection of the chopping frequency for a DC-DC converter?  
(20 marks)
- (c) A single-phase **full-wave** AC voltage controller is used to control the power delivered to a resistive heater.
- (i) Draw the schematic diagram of the AC voltage controller
  - (ii) Draw the waveforms of the input and output voltage
  - (iii) Explain the operation of the circuit
  - (iv) Derive an equation for the rms output voltage in terms of the firing angle,  $\alpha$
- (40 marks)
6. (a) Draw the schematic diagram of a thyristor snubber circuit. Explain the main components in the circuit and how they protect the thyristor.  
(30 marks)
- (b) Explain two types of devices that can be used for over voltage protection in a power electronics circuit.  
(20 marks)
- (c) A MOSFET is mounted on a heat sink. Their thermal resistances are as follows:
- $R_{\theta,JC}$  (thermal resistance from the junction to case) =  $1.2\text{ }^{\circ}\text{C/W}$ ,  
 $R_{\theta,CS}$  (thermal resistance from the case to heat sink) =  $0.9\text{ }^{\circ}\text{C/W}$  and  
 $R_{\theta,SA}$  (thermal resistance from heat sink to ambient) =  $5.5\text{ }^{\circ}\text{C/W}$
- The power absorbed by the MOSFET is 6 W and the ambient temperature is  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- (i) Using electrical analogy, draw the thermal equivalent circuit for heat transfer from semiconductor junction of the MOSFET to ambient
  - (ii) Calculate the junction temperature
  - (iii) If the allowable maximum junction temperature is  $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ , what is the maximum power that can be absorbed by the MOSFET?
- (50 marks)

-oooOOooo-

**VERSI BAHASA MELAYU :-**

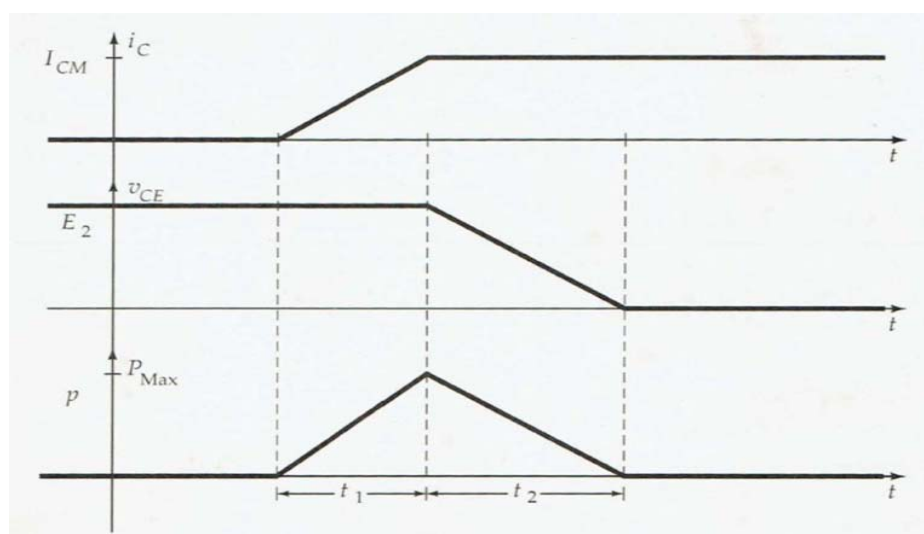
1. (a) Diod kuasa boleh didapati dalam pelbagai saiz dan nilai. Senaraikan tiga jenis utama diod kuasa dan ciri-cirinya?  
(30 markah)
- (b) Terangkan keperluan menggunakan diod kuasa cepat dalam litar berkelajuan tinggi?  
(20 markah)
- (c) Diod disambungkan secara selari untuk meningkatkan nilai arus. Apakah masalah biasa diod kuasa sambungan secara selari dan bagaimana cara untuk menyelesaikan masalah ini?  
(20 markah)
- (d) Dua diod mempunyai ciri-ciri seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1(d) di bawah disambungkan secara selari dan jumlah arus elektrik adalah 100 A. Jika diod 1 mengalirkan 55 A arus dan diod 2 mengalirkan 45 A arus, tentukan;
  - (i) Penurunan voltan hadapan setiap diod?
  - (ii) Nilai rintangan  $R$  dalam litar (kedua-dua diod menggunakan nilai  $R$  yang sama)?
  - (iii) Kehilangan kuasa dalam setiap perintang?



Rajah 1(d) : Power diod sambungan secara selari.

(30 markah)

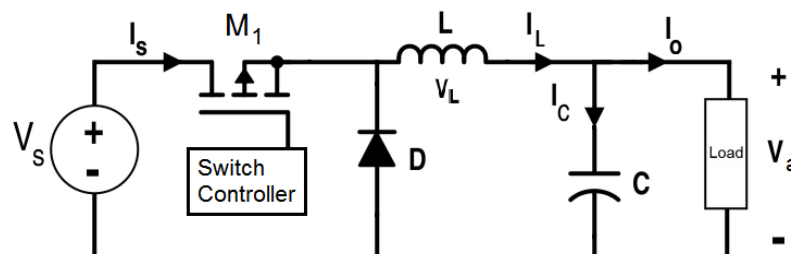
2. (a) Thyristor dikenali sebagai alat "latching", apakah alat "latching"? (15 markah)
  - (b) Thyristor perlu dilindungi daripada perubahan singkat voltan tinggi ( $dv/dt$ ). Terangkan mengapa dan lakarkan skema bagaimana thyristor dapat dilindungi dari masalah  $dt/dv$  tinggi. (30 markah)
  - (c) TRIAC adalah jenis thyristor khas. Lukiskan lengkungan IV TRIAC dan terangkan kebaikan dan keburukan TRIAC jika dibandingkan dengan thyristor biasa? (30 markah)
  - (d) Litar penghidup thyristor biasanya memberikan bentuk gelombang dalam bentuk segiempat. Bincangkan apa akan berlaku jika bentuk gelombang ini digantikan oleh sumber langsung dc? (25 markah)
3. (a) Bagi pengguna suis kuasa, BJT beroperasi di lengkungan tepu dan lengkungan bawah tertutup dalam lengkungan karakter BJT. Bincangkan mengapa? (20 markah)
  - (b) Dalam Rajah 3(b) di bawah, transistor beroperasi pada frekuensi 20 kHz. Tempoh masa bagi pemungut masa naik semasa adalah  $0.7 \mu s$  dan masa jatuh adalah  $0.9 \mu s$ . Jika  $V_{cc} = 400 V$  dan  $R = 20 \Omega$ . Cari;
    - (i) Kehilangan tenaga semasa naik?
    - (ii) Kehilangan tenaga semasa turun?
    - (iii) Kehilangan kuasa suis?



Rajah 3(b) : Rajah kelewatan pensuisan transistor kuasa.

(30 markah)

- (c) *Lengkungan ke hadapan operasi selamat (FBSOA) bagi BJT adalah untuk memastikan ia beroperasi dengan jayanya. Lakarkan lengkungan FBSOA ini dan terangkan dua parameter yang mempengaruhi FBSOA?*  
(30 markah)
- (d) *Senaraikan penambahbaikan dibawa oleh MOSFET kuasa dan IGBT jika dibandingkan dengan BJT untuk aplikasi suis?*  
(20 markah)
4. (a) *Senaraikan dua parameter prestasi bagi litar penerus. Berikan definisi parameter-parameter tersebut.*  
(20 markah)
- (b) *Satu litar penerus terkawal gelombang-penuh satu-fasa disambung ke satu sumber  $V_s = 240\text{ V}$  dan satu beban rintangan  $R = 50\ \Omega$ .*
- Lukiskan litar penerus tersebut*
  - Lukiskan bentuk gelombang untuk voltan masukan & keluaran dan arus masukan & keluaran.*
  - Terbitkan satu persamaan untuk voltan keluaran purata dalam sebutan sudut pacuan,  $\alpha$*
  - Terbitkan satu persamaan untuk voltan keluaran rms dalam sebutan sudut pacuan,  $\alpha$*
  - Jika litar ini dikehendaki untuk membekalkan kuasa keluaran  $AT$ ,  $P_{dc} = 600\text{ W}$ , kirakan sudut pacuan thyristor yang diperlukan.*  
(60 markah)
- (c) *Berikan dua pertimbangan utama dalam pemilihan diod semasa mereka bentuk litar penerus tak terkawal.*  
(20 markah)
5. (a) *Rajah 5(a) menunjukkan sejenis litar penukar AT-AT. Merujuk kepada rajah ini, jawab soalan-soalan berikut:*
- Apakah jenis penukar AT-AT yang ini?*
  - Tunjukkan bahawa purata voltan keluaran,  $V_a = kV_s$ , dimana  $k$  adalah kitar tugas*



Rajah 5(a)

(40 marks)



- (b) *Apakah faktor-faktor utama yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan frekuensi pemengkal untuk penukar AT-AT?*

(20 marks)

- (c) *Satu pengawal voltan AU fasa-tunggal **gelombang-penuh** digunakan untuk mengawal kuasa yang dihantar kepada satu pemanas rintangan.*

- (i) *Lukiskan litar pengawal voltan AU tersebut*
- (ii) *Lukiskan bentuk gelombang untuk voltan masukan dan keluaran*
- (iii) *Terangkan operasi litar tersebut*
- (iv) *Terbitkan satu persamaan untuk voltan keluaran rms dalam sebutan sudut pacuan,  $\alpha$*

(40 marks)

6. (a) *Lukiskan gambarajah skematik untuk satu litar snubber thyristor. Terangkan komponen-komponen utama dalam litar tersebut dan bagaimana mereka melindungi thyristor itu.*

(30 markah)

- (b) *Terangkan dua jenis peranti yang boleh digunakan untuk perlindungan voltan lebih dalam litar elektronik kuasa.*

(20 markah)

- (c) *Satu MOSFET dipasang pada satu penenggelam haba. Rintangan-rintangan haba mereka adalah seperti berikut:*

$R_{\theta,JC}$  (rintangan haba dari simpang ke selonsong) = 1.2 °C/W,

$R_{\theta,CS}$  (rintangan haba dari selonsong ke penenggelam haba) = 0.9 °C/W

$R_{\theta,SA}$  (rintangan haba dari penenggelam haba ke sekitar) = 5.5 °C/W.

*Kuasa yang diserap oleh MOSFET ini ialah 6W dan suhu sekitar ialah 40 °C.*

- (i) *Dengan menggunakan perwakilan elektrik, lukiskan litar setara termal untuk pengaliran haba dari simpang semikonduktor MOSFET ini ke sekitar*
- (ii) *Kirakan suhu simpang*
- (iii) *Jika suhu simpang maksimum yang dibenarkan ialah 160 °C, apakah kuasa maksimum yang boleh diserap oleh MOSFET ini?*

(50 markah)